

**Б.А. Ляшенко, проф., д-р техн. наук, Л.А. Лопата, доц., канд. техн. наук,
А.М. Безрукавий, асп., Т.М. Тунік, доц., канд. хім. наук**
Кіровоградський національний технічний університет

Конструкторсько-технологічні методи зміцнення і відновлення поршнів ДВЗ

В статті досліджено конструкторсько-технологічні методи зміцнення та відновлення поршнів двигунів внутрішнього згорання, зокрема канавок поршнів, виявлено їх переваги та недоліки. Показано, що одним з перспективних методів підвищення зносостійкості поршнів ДВЗ є електроіскрове легування (ЕІЛ), яке в порівнянні з іншими процесами має ряд істотних переваг: доброю зчеплюваністю нанесеного шару з основним металом, можливістю використання у якості електродів матеріалів з високими механічними характеристиками (тверді сплави, тугоплавкі матеріали).

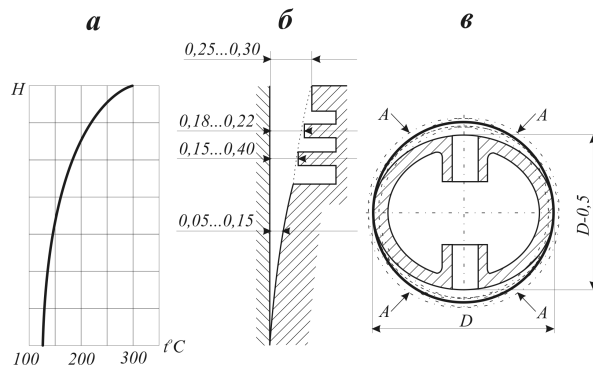
поршень, кільце, юбка, зношення

В практиці відновлення та зміцнення існує не один десяток методів підвищення експлуатаційних характеристик поршнів ДВЗ, як конструктивного так і технологічного характеру. Проведений аналіз умов експлуатації поршнів ДВЗ показує, що основну увагу потрібно приділити надійності та довговічності канавок поршнів, а зокрема верхній кільцевій канавці, на яку приходить близько 60% теплових навантажень.

Тому дана стаття направлена на дослідження конструкторсько - технологічних методів зміцнення та відновлення поршнів ДВЗ, виявлення їх переваг та недоліків, а зокрема канавок поршнів.

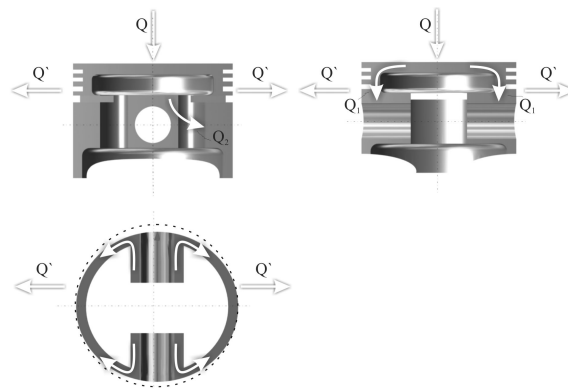
При роботі двигуна тепловий потік від газів, які мають температуру вище 1800...2000°C, нагріває днище поршня. При цьому велика кількість теплоти відразу ж надходить до стінок циліндру через поршневі кільця, внаслідок чого температура стінки поршня у бік юбки (вниз) зменшується. Частина тепла передається далі вниз – в юбку і бобишки. При цьому відведення тепла від бобишок поршня обмежено, у той час як юбка охолоджується сильніше, контактуючи зі стінками циліндру. В результаті роботи двигуна круглий поршень стає овальним – по вісі пальця (по бобишках) він розширюється значно більше, ніж по юбці. Таким чином, для працездатності поршня в реальних умовах нерівномірного (з різних боків) нагрів-охолодження необхідно, щоб у холодному стані перерізи, що піддаються більшому температурному впливу мали розмір (діаметр, радіус) менший, ніж більш холодні. Виходячи з цієї умови, поршень приймає ступінчасту, але круглу форму верхньої частини при овальній юбці (рис.1).

Одним із ефективних заходів по зменшенню теплового розширення поршня є створення термічного опору між юбкою і рештою поршня. Якщо в юбці прорізати пази (зазвичай їх виконують у маслосборній канавці або нижче), то тепловий потік від днища піде в бобишки і тільки потім у юбку (рис.2). Тим самим розширення поршня по бобишках збільшується, а в перпендикулярному напрямі зменшується у відповідності з перерозподілом теплових потоків і зміною температури.



а – зміна температури по висоті поршня; б – зміна зазорів між поршнем і циліндром по довжині; в – зміна профілю поперечного перерізу юбки; (—) – окружність циліндру; (----) – профіль холодного поршня; (-.-.-) – робочий режим; А – місця заклинювання юбки в циліндрі при перегріві

Рисунок 1 - Компенсація теплового розширення по довжині і окружності поршня.

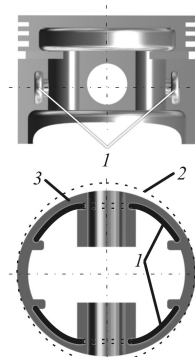


Q – тепловий потік від гарячих газів; Q' – тепловий потік, відводи мий через поршневі кільця; Q1, Q2 – внутрішні теплові потоки; Q3 – тепловий потік від юбки в гільзу циліндру

Рисунок 2 - Вплив пазу, який перерізає юбку, на теплове розширення поршня

Недоліком цього методу є послаблення конструкції на 25...40%, що не дозволяє використовувати його, наприклад, на високо навантажених двигунах.

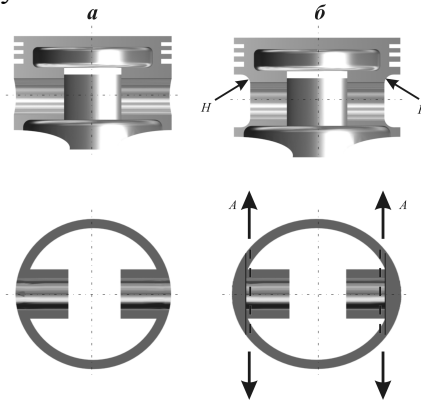
Іншим, більш розповсюдженим і найбільш ефективним способом є заливка в поршень сталевих терморелюючих вставок (рис.3). Вставки, які розташовані в середині юбки, при нагріванні працюють як біметал на різниці коефіцієнтів розширення сталі і алюмінію, створюючи згинаючий момент, який чинить опір великому розширенню юбки поршня.



1 – пластини, залиті в стінку поршня; 2 – контур нагрітого поршня; 3 – контур холодного поршня

Рисунок 3 - Компенсація теплового розширення поршня за допомогою сталевих терморегулюючих пластин

Поршні з терморегулюючими вставками краще переносять перегрів двигуна, менш схильні при цьому до деформації (стиску по юбці) і забезпечують менший зазор в циліндрі. На розширення поршня також впливають ребра, які виникають на бобишках у результаті підрізу їх із зовні (рис.4) – так звані «холодильники». Тепловий потік розповсюджується від бобишок у напрямках, перпендикулярних вісі пальця, по «ребрам». Це викликає збільшення розширення поршня у порівнянні з конструкцією без «холодильників». До переваг поршнів з «холодильниками» слід віднести їх підвищену жорсткість і міцність, що досить важливо для сучасних високо оборотних двигунів, особливо з турбонадувом.

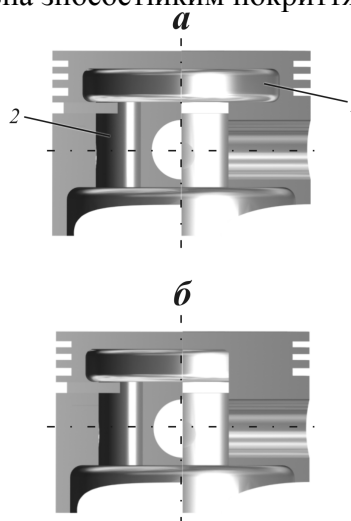


а – без холодильника; б – поршень з глибоким холодильником (H); А – напрям розподілення теплового потоку і додаткова температурна деформація поршня

Рисунок 4 - Вплив холодильників на розширення юбки поршня

В останні роки спостерігається тенденція відмовлення від терморегулюючих вставок. Це викликано завдяки застосуванням штампованих заготовок, в тому числі „рідкої”, яка виконується при високій температурі в вакуумі замість традиційного лиття, використання заевтектичних матеріалів, точної обробки та доводки профілю, а також застосування спеціальних покриттів.

Штампований поршень зовнішньо суттєво відрізняється від литого більш простою внутрішньою конфігурацією і відсутністю терморегулюючих вставок (рис.5). Окрім того, на штампованих поршнях дизелів відсутня чавуна вставка в ущільнюючому поясі, яка замінена зносостійким покриттям.



а – литого; б – штампованого (кованого); 1 – карман над бобишкою; 2 – терморегулююча пластина

Рисунок 5 - Внутрішня конфігурація поршнів.

Зносостійке покриття наноситься на днище і верхню канавку до середини перемички між верхньою та середньою канавками. Покриття являє собою так зване «тверде» анодування – перетворення тонкого поверхневого слою алюмінію в кераміку Al_2O_3 . Товщина покриття складає 0,008...0,012мм – при великій товщині можливе погіршення відводу тепла від верхнього кільця і перегрів поршня, оскільки окис алюмінію є тепловим ізолятором. Анодування зміцнює вогнєве днище поршня – воно стає менш піддатливим перегріву і прогоранню. Аналогічні покриття мають поршні сучасних двигунів з наддувом (MITSUBISHI, GM, FORD та інші).

При зношенні канавок вони можуть бути розточені під більш високі кільця. Ця операція виконується на токарному верстаті і не вимагає великих зусиль. Необхідно лише правильно встановити поршень, для того щоб виключити перекошування канавки відносно вісі поршня. Розточування верхньої канавки слід виконувати по нижній торцевій поверхні, а потім по верхній поверхні до заданого розміру. Якщо зробити навпаки, то буде послаблена перемичка між кільцями, яка в подальшому може швидко зламатися навіть при невеликих навантаженнях в роботі систем живлення і запалення. З цієї ж причини розширювати середню канавку завжди небезпечно незалежно від того, яка поверхня обробляється більше. У будь-якому випадку при розточуванні канавок необхідно забезпечувати радіус переходу від внутрішньої циліндричної до торцевих поверхонь канавок (рис. 6), для того щоб не знизити втомлену міцність поршня.

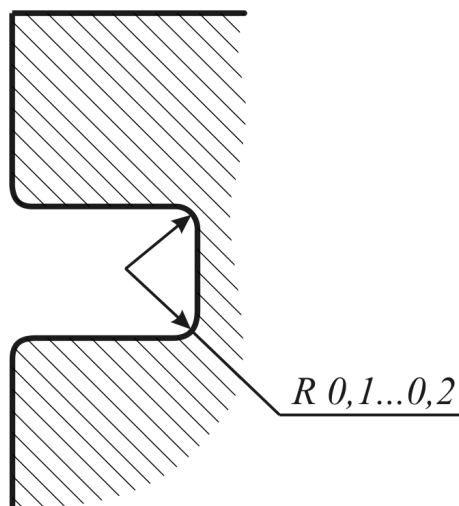


Рисунок 6 - Радіуси закруглення в канавках поршня.

При розточуванні канавок поршнів бензинових двигунів слід забезпечити зазори:

- для верхнього кільця – 0,045...0,070 мм;
- для середнього кільця – 0,035...0,060 мм;
- для маслоз'ємного кільця – 0,025...0,060 мм.

З метою вибору найбільш ефективного і оптимального методу виготовлення і відновлення поршнів необхідно врахувати особливості зміцнення алюмінієвих сплавів з котрих вони виготовлені.

Використовування перерахованих способів зміцнення припускає вирішення проблеми підвищення зносостійкості поршнів ДВЗ, як конструкторськими та і технологічними методами, але все ж таки пріоритет безумовно залишається за створенням на робочих поверхнях зносостійких плівок і покриттів. На ряду з анодуванням, яке дає ефект до тих пір, поки оксидна плівка не зруйнована, широке

розповсюдження в промисловості знайшли такі технологічні процеси, як оксидування, тверде хромування, плазмове напилення та інші. Застосовуються комбіновані способи зміцнення, наприклад, нанесення гальванічних покриттів з подальшим дифузійним насиченням ними основи. Розроблені в даний час технологічні процеси хімічного і електрохімічного нікелювання і хромування дозволяють наносити покриття високої твердості і зносостійкості товщиною до 0,3 мм.

Відомі способи застосування вакуумно-гальванічних покриттів хромом; зміцнення поверхонь електронно-променевою переплавою; є результати досліджень про можливість зміцнення алюмінієвих поверхонь за допомогою променя лазера і ударних хвиль, а також результати експериментів по зміцненню алюмінієвих сплавів алмазним вигладжуванням.

Напрямом, що розвивається, в підвищенні зносостійкості поверхонь алюмінієвих сплавів, зокрема, канавок алюмінієвих поршнів, є наплавлення зносостійкого матеріалу на алюмінієвій основі, спочатку знайшов застосування при ремонтних роботах, як процес, що дозволяє відновлювати зношені деталі. Є ряд зарубіжних патентів по застосуванню наплавлення зносостійкої вставки в місцях підвищеного зносу.

Нові високопродуктивні процеси наплавлення дозволили отримати позитивні результати (плазмовий, електронно-променевий), проте існуючий принцип подачі зносостійких порошків в зварювальну ванну не забезпечував достатньої стабільності властивостей зміцненої поверхні через нерівномірність розподілу порошків і високої їх дисперсності, що вводяться. Розроблені в даний час установки плазмового наплавлення дозволяють усунути цей недолік шляхом подачі замість порошку легуючого дроту в зону розплаву. Вважається перспективним наплавлення підвищення зносостійкості канавок алюмінієвих поршнів шляхом використання технології отримання в зоні зміцнення зносостійкого гетерогенного сплаву на алюмінієвій основі за рахунок застосування плазмових процесів наплавлення. Розглянуті методи нанесення захисних покриттів на нижню полицю канавки не дали результатів, через незручність доступу до кільцевої канавки поршнів ДВЗ. Методи нанесення покриттів лазерними і променевими методами є досить дорогі.

В зарубіжному двигунобудуванні ряд фірм віддає перевагу способу установки вставок із зносостійких матеріалів, що заливаються в тіло поршня або що кріпляться механічним шляхом, проте у вітчизняному двигунобудуванні, через складну технологію для масового і серійного виробництва, підвищення ваги поршнів, а також труднощів у відділенні металевої стружки і утилізації бракованих і відпрацьованих ресурсів поршнів, він знайшов поки обмежене розповсюдження. Аналіз вище перелічених способів зміцнення показує, що всі вони володіють високою енергоємністю і складні в реалізації на практиці.

З огляду проблеми зміцнення та відновлення верхньої кільцевої канавки поршнів ДВЗ видно, що незручність конструктивного або технологічного характеру, недостатні умови міцності, невідповідність експлуатаційним показникам та ін., призводить до пошуку більш доцільного методу.

Одним з перспективних методів підвищення зносостійкості поршнів ДВЗ є електроіскрове легування (ЕІЛ) і в порівнянні з іншими процесами володіє рядом істотних переваг: доброю зчеплюваністю нанесеного шару з основним металом, можливістю використання у якості електродів матеріалів з високими механічними характеристиками (тверді сплави, тугоплавкі матеріали). Способом ЕІЛ можна наносити покриття в строго обмежених місцях без розігрівання деталі, заданої

товщини, застосовуючи для цього просте в експлуатації устаткування. Спосіб ЕІЛ на практиці знаходить застосування для зміцнення ріжучих кромок с/г машин, відновлення і зміцнення поверхні валів і осей під підшипники ковзання, кочення. В даний час електроіскровому зміцненню переважно піддаються конструкційні сталі, чавуни і бронза, титанові сплави.

Цей метод може бути альтернативним при зміцненні та відновленні алюмінієвих сплавів, а зокрема поршнів ДВЗ, верхньої кільцевої канавки, тому потребує більш глибокого вивчення та удосконалення.

Список літератури

1. Архангельський В.М., Вихерт М. М., Воинов А.Н. и др. Автомобильные двигатели. М.: Машиностроение, 1977. 591 с.
2. Брюзе Д.Д. Сгорание в поршневых двигателях. М.: Машиностроение, 1969. 347 с.
3. Устройство контроля детонации для ДВС: Заявка 63-227954 Япония. Опубл. 22.09.88.
4. Гречихин Л.И. Двигатели внутреннего сгорания. Минск: Наука і тэхніка, 1995. 270 с.

В статье исследованы конструкторско-технологические методы укрепления и возобновления поршней двигателей внутреннего сгорания, в частности канавок поршней, обнаружены их преимущества и недостатки. Показано, что одним из перспективных методов повышения износостойкости поршней ДВЗ является электроискровое легирование (ЕІЛ), которое по сравнению с другими процессами владеет рядом существенных преимуществ: хорошим зацеплением нанесенного слоя с основным металлом, возможностью использования в качестве электродов материалов с высокими механическими характеристиками (твердые сплавы, тугоплавкие материалы).

In the article the designer-technological methods of strengthening and renewal of pistons of combustion engines are explored, in particular ditches of pistons, their advantages and failing are exposed. It is shown, that one of perspective methods of rise of wear proof of pistons DVZ is the electro-spark alloying (EIL) which on comparison with other processes owns the row of substantial advantages: good the zcheplyoemistyio inflicted layer with a parent metal, by possibility of the use in quality of electrodes of materials with high mechanical descriptions (hard alloys, refractory materials).